УДК 639.211:574.22 DOI: 10.15853/2072-8212.2019.53.22-33

УСЛОВИЯ СРЕДЫ В МОРСКОМ ПРИБРЕЖЬЕ ОСНОВНЫХ БАССЕЙНОВ ВОСПРОИЗВОДСТВА ГОРБУШИ *ONCORHYNCHUS GORBUSCHA* ЗАПАДНОЙ КАМЧАТКИ

Е.В. Лепская, Т.В. Бонк, А.С. Сушкевич, Л.В. Курбанова, М.В. Коваль, А.П. Лозовой, А.В. Кожевников, В.В. Коломейцев, Е.А. Кириллова*

Зав. лаб., к. б. н.; ст. н. с.; мл. н. с.; стажер-исслед.; зав. лаб., к. б. н.; мл. н. с.; мл. н. с.; н. с.;
Камчатский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии («КамчатНИРО»)
683000 Петропавловск-Камчатский, Набережная, 18. Тел., факс: (4152) 41-27-01. E-mail: lepskaya@list.ru
**Ст. н. с., к. б. н.; Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН*
119071 Москва, Ленинский пр-т, 33. Тел.: (916) 804-9810. E-mail: ekirillova@sevin.ru

ЗАПАДНАЯ КАМЧАТКА, ГОРБУША, МОРСКОЙ НАГУЛ, РАННИЙ ПЕРИОД, «КОРМОВОЙ» ЗООПЛАНКТОН, ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ, ТРОФИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ

Гидролого-гидробиологическая съемка, проведенная в начале июня 2018 г. у западного побережья Камчатки на траверсе основных нерестовых рек, на полигоне с глубинами менее 20 м, показала, что абиотические условия среды (температура воды и содержание кислорода) были в пределах оптимальных значений для нагула молоди горбуши в ранний морской период жизни. Средняя для полигона биомасса «кормового» зоопланктона 313 мг/м^3 характеризует трофические условия в возможных районах раннего морского нагула молоди горбуши как благоприятные, но распределение планктона у западного побережья Камчатки неравномерно. Средствами многофакторного статистического анализа установлено наличие локальных зон повышенной продуктивности «кормового» зоопланктона, приуроченных к наиболее холодным участкам акватории. На большей части обследованного полигона биомасса «кормового» зоопланктона ниже стартовой величины 200 мг/м^3. Акцентировано внимание на том, что, в связи с ростом значения района для воспроизводства и промысла горбуши, наряду с гидролого-гидробиологическим мониторингом необходимо искать подходы для исследования распределения и миграций молоди в ранний период ее морского нагула, трофических отношений с другими гидробионтами, а также количественного учета для оценки выживаемости.

ENVIRONMENTAL CONDITIONS IN THE COASTAL AREA OF BASIC SPAWNING BASINS OF PINK SALMON *ONCORHYNCHUS GORBUSCHA* AT WESTERN KAMCHATKA

Ekaterina V. Lepskaya, Tatyana V. Bonk, Anastasiya S. Sushkevich, Lidiya V. Kurbanova, Maksim V. Koval, Aleksey P. Lozovoy, Aleksey V. Kozhevnikov, Vladimir V. Kolomeytsev, Elizaveta A. Kirillova*

Head of Lab., Ph. D. (Biology); Senior Scientist; Researcher; Research-intern; Head of Lab., Ph. D. (Biology); Researcher; Researcher; Researcher; Kamchatka Branch of All-Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography (“KamchatNIRO”)
683000 Petropavlovsk-Kamchatsky, Naberezhnaya, 18. Tel., fax: (4152) 41-27-01. E-mail: lepskaya@list.ru
**Senior Scientist; Ph. D. (Biology); A.N. Severtsev Institute of Ecology and Evolution, RAS*
119071 Moscow, Leninskii prosp., 33. Tel.: (916) 804-9810. E-mail: ekirillova@sevin.ru

WESTERN KAMCHATKA, PINK SALMON, EARLY MARINE REARING PERIOD, “FORAGE” ZOOPLANKTON, HYDROLOGICAL CONDITIONS, TROPHIC CONDITIONS

The hydrological and hydrobiological survey carried out in early June 2018 at the western coast of Kamchatka at the beam of basic spawning rivers, on the polygon with less than 20 m depth has demonstrated, that abiotic conditions (temperature and oxygen content) were within optimal values for early marine rearing of pink salmon. Meant for polygon density of “forage” zooplankton of 313 mg/m^3 characterizes trophic conditions at the potential areas of early marine rearing of pink salmon as favorable. But the distribution of plankton at the western coast of Kamchatka is nonregular. By means of statistical multivariate data analysis three zones of high productivity of plankton were revealed. These zones were associated with the coldest parts of water area. Throughout the most part of investigated polygon biomass of “forage” zooplankton is less than starting value 200 mg/m^3. In the case of increase of commercial fishing importance of the area, the attention is focused on the necessity of hydrological monitoring and on finding methods of studying distribution and migrations of pink salmon juveniles, its trophic relations with other hydrobionts and evaluation of its abundance at early marine period.

На Камчатке воспроизводится и, соответственно, добывается в среднем 70% тихоокеанских лососей всего Дальневосточного бассейна (Шунтов, Темных, 2017). С середины 2000-х годов на Западной Камчатке произошло увеличение численности горбуши, особенно в ряду линии четных лет. В соответствии с этим, возросла ее значимость для промысла. Известно, что самым критическим периодом в жизненном цикле горбуши, в который определяется конечная численность поколения,

является начальный этап морского нагула. По некоторым оценкам, смертность покатников горбуши в этот период может превышать 90% численности поколения (Карпенко, 1998).

История изучения раннего морского нагула тихоокеанских лососей в прикамчатских водах подробно освещена в работе В.И. Карпенко с соавторами (Карпенко и др., 2013). Начальный (прибрежный) этап раннего морского нагула также детально описан в монографии В.И. Карпенко (1998). Анализ информации, приведенной в этих изданиях, а также в ряде более ранних публикаций (Бирман, 1969; Карпенко, Сафронов, 1985), показал, что степень изученности периода нагула молоди горбуши в морском прибрежье у Западной Камчатки в сравнении с восточным побережьем недостаточна. Это, несомненно, связано с объективными причинами, в частности, динамичной гидрологической обстановкой в этом районе, которая затрудняет проведение планктонных и тем более траловых учетных съемок.

Резкие флуктуации численности западнокамчатской горбуши на фоне роста ее запаса послужили стимулом восполнить недостаток сведений об особенностях формирования численности этого вида, которая может определяться воздействием комплекса факторов внешней среды на начальном этапе морского нагула в данном районе. Комплексное исследование условий среды на возможных акваториях раннего морского нагула западнокамчатской горбуши стало целью настоящей работы.

В данном сообщении представлены результаты гидрологических и гидробиологических наблюдений, выполненных в прибрежных водах у Западной Камчатки, на траверсе основных нерестовых рек, в начале июня 2018 г. Дана количественная оценка трофических условий в возможных районах раннего морского нагула молоди горбуши у Западной Камчатки.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Гидрологическая и гидробиологическая съемки проведены 5–9 июня 2018 г. на серии коротких мелководных (на изобатах 5–20 м) разрезов вдоль западного побережья Камчатки (рис. 1), большинство которых было приурочено к устьевым участкам рек, в которых нерестится горбуша. Всего сделано 69 гидрологических станций, собрано 69

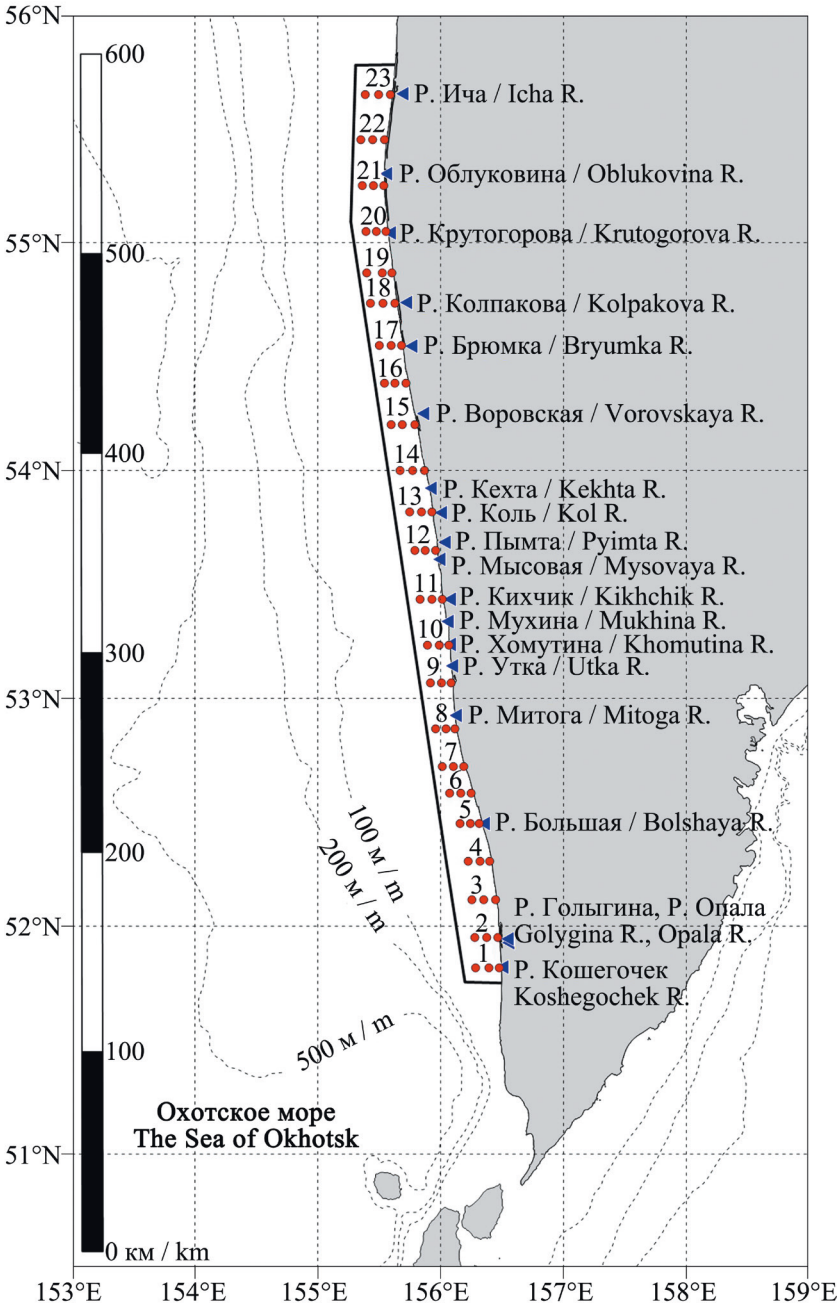


Рис. 1. Карта-схема полигона проведения гидролого-гидробиологической съемки 5–9 июня 2018 г.
Fig. 1. The schematic map of polygon of the hydrological and hydrobiological survey in June, 5–9 of 2018

проб планктона. Сбор планктона выполнили сетью Джеди (диаметр входного отверстия 18 см, шаг ячеи фильтрующего конуса 100 мкм), обловив в каждом случае слой воды от дна до поверхности.

Камеральную обработку фитопланктона проводили с помощью микроскопа Olympus BX43F при 100- и 200-кратном увеличении. Обработка включала в себя определение видового состава и количественный подсчет всех видов и групп микроводорослей. Клетки каждого вида планктонных микроводорослей подсчитывали в камере Наумана (объем 1 мл). Биомассу микроводорослей определяли как произведение численности на средний объем клетки, принимая плотность организмов за 1.

Для определения таксономического состава фитопланктона использовали атласы и определители (Диатомовые.., 2002, 2006; Коновалова, 1998; Коновалова и др., 1989; Руководство.., 1990; Identifying.., 1997; Round et al., 1990).

Камеральная обработка зоопланктона включала определение видового состава и количественный подсчет всех видов и групп животных (Инструкция.., 1971). При идентификации гидробионтов использовали определители (Бродский, 1950; Краткий определитель.., 1937; Определитель фауны и флоры.., 1948; Краткое руководство.., 1990). Биомассу зоопланктонных организмов рассчитывали как произведение их численности на среднее значение массы тела по таблице стандартных весов (Лубны-Герцык, 1953). Крупные компоненты взвешивали на электронных весах с точностью до 1 мг.

Расчет запаса «кормового» зоопланктона провели по формуле:

«запас» = 1/2ShB,

где S — площадь полигона; h — средняя глубина наиболее удаленных от берега станций каждого разреза; B — средняя для полигона биомасса «кормового» зоопланктона.

Расчет площади полигона (рис. 1) для оценки запаса «кормового» зоопланктона проводили в программе ArcGIS Pro 2.3, используя географическую азимутальную равновеликую проекцию Ламберта.

Гидрологические параметры (температура и соленость воды, содержание и насыщение кислородом, концентрация хлорофилла-*a*) измеряли посредством зондирующего комплекса AAQ-Rinko (JFE, Япония).

Анализ результатов провели по усредненным для каждого разреза значениям параметров.

Для выполнения многофакторного анализа данные были стандартизованы. Для выявления возможных различий в условиях среды между отдельными участками акватории проведен кластерный анализ (кластеризация методом невзвешенных попарных средних, в качестве меры расстояния принята 1–корреляция Пирсона). Для оценки разнокачественности условий и вклада отдельных факторов в дифференциацию использован дискриминантный анализ с пошаговым включением переменных. Все этапы статистического анализа выполнены в программном пакете Statistica 12.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Насыщение кислородом на каждой станции было не менее 100% даже в придонных слоях. Поверхностная температура воды на полигоне в начале июня составила в среднем 4,5 ºС при минимуме 3,8 ºС и максимуме 6,2 ºС (рис. 2) и на большинстве разрезов сохранялась выше средней для всего полигона. Нижняя граница диапазона оптимальных температур для обитания горбуши в море равна

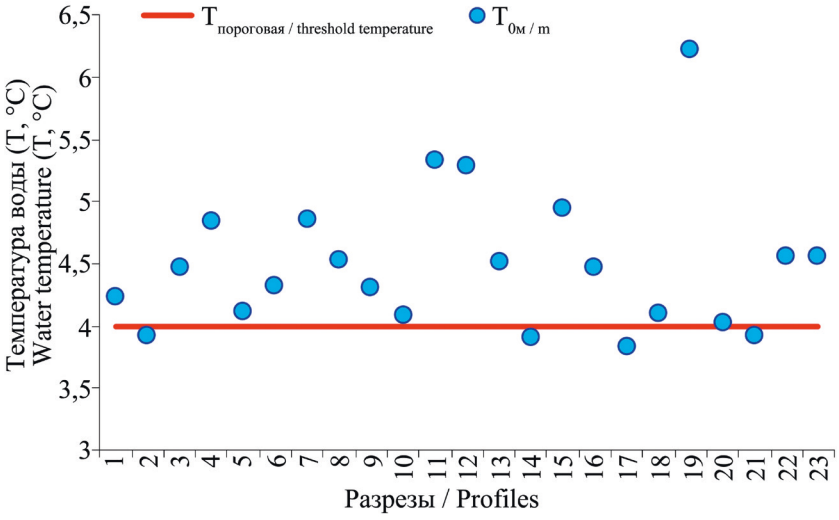


Рис. 2. Распределение поверхностной температуры на полигоне вдоль западного берега Камчатки в начале июня 2018 г.
Fig. 2. Distribution of the surface temperature at the polygon along the west coast of Kamchatka in early June of 2018

4,0 ºС (Бирман, 1967; Гриценко, 2002). В начале июня 2018 г. на основной площади полигона исследований температура поверхности воды установилась выше этой пороговой величины (рис. 2). Таким образом, термические условия в прибрежье на момент ската горбуши в 2018 г. можно охарактеризовать как благоприятные.

Средняя (0 м – дно) для полигона температура воды составила 3,7 ºС (минимум 2,8 ºС; максимум 4,5 ºС). Средняя (0 м – дно) для того же района соленость воды — 31,1‰ (минимум 30,0‰; максимум 32,3‰). В соответствии с распределением значений температуры воды и солености в пределах полигона можно выделить локальную распресненную и относительно холодноводную по сравнению со смежными районами область, формирующуюся под влиянием стока р. Большой (рис. 3). Севернее, где влияние стока рек менее значимо, выделяются две холодноводные и более осолоненные области.

По концентрации хлорофилла-*a* выделяются три продуктивные зоны. Первая приурочена к холодным распресненным водам в районе стока р. Большой. Две другие расположены севернее на участках р. Коль – р. Воровская и от р. Крутогорова до р. Ича (рис. 3), здесь продуктивность формируют холодные морские воды. Выделенные участки полностью совпадают с зонами высокой численности и биомассы фитопланктона, который слагали диатомовые микроводоросли (рис. 4). Максимальные значения численности и биомассы микроводорослей отмечены в распресненной холодной зоне севернее р. Большой. Несколько слабее фитопланктон был развит в зонах повышенной продуктивности, приуроченных к холодным морским водам.

Высокие количественные показатели фитопланктона в зоне влияния речного стока (средняя для участка биомасса фитопланктона составила 4600 мг/м^3 при минимуме 1700 и максимуме 7000 мг/м^3) определялись значительным развитием крупноклеточных планкто-бентосных диатомей прибрежного комплекса *Melosira nummuloides*, *Stephanopixis nipponica*, *Odontella aurita* и представителей рода *Coscinodiscus*. На морских участках полигона относительно высокая фитопланктонная биомасса (в среднем 1000 мг/м^3) формировалась комплексом диатомей рода *Chaetoceros*.

В распределении численности и биомассы планктонных животных на отдельных разрезах полигона выявлены явные несовпадения, которые обусловлены, прежде всего, разнокачественностью в размерной структуре зоопланктона, когда при значительной численности мелких ракообразных

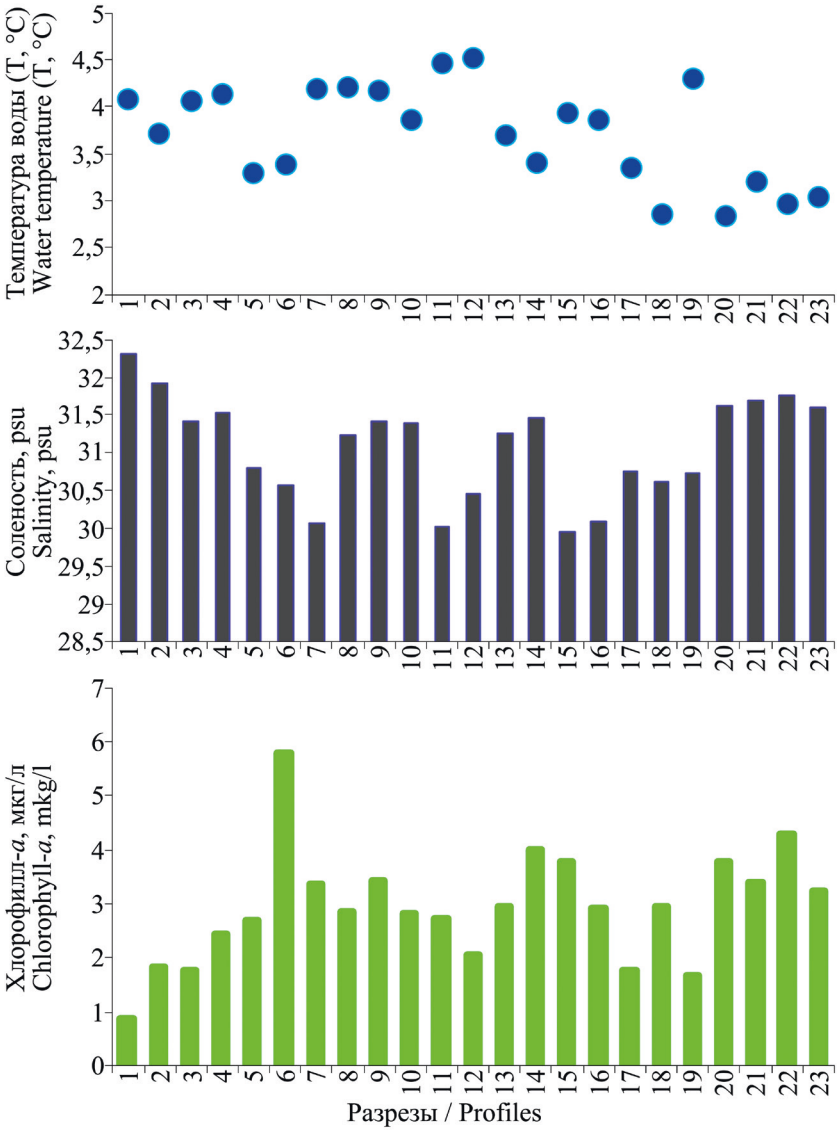


Рис. 3. Температура и соленость воды, содержание хлорофилла-*a* на полигоне вдоль западного берега Камчатки в начале июня 2018 г.
Fig. 3. Water temperature, salinity and chlorophyll-*a* density at the polygon along the west coast of Kamchatka in early June of 2018

их суммарная биомасса ниже, чем на участках с невысокой численностью относительно крупного меропланктона (рис. 5).

По численности и биомассе зоопланктона на обследованной акватории также обособились три участка повышенной продуктивности. В южной части полигона пики численности и биомассы зоопланктона смещены южнее того участка, где холодноводный речной вынос формирует зону высокой продуктивности по фитопланктону. Напротив, в зоне влияния стока р. Большой, а также на смежном участке, включающем устья рек Утка и Кихчик, в бассейнах которых воспроизводится значительная часть

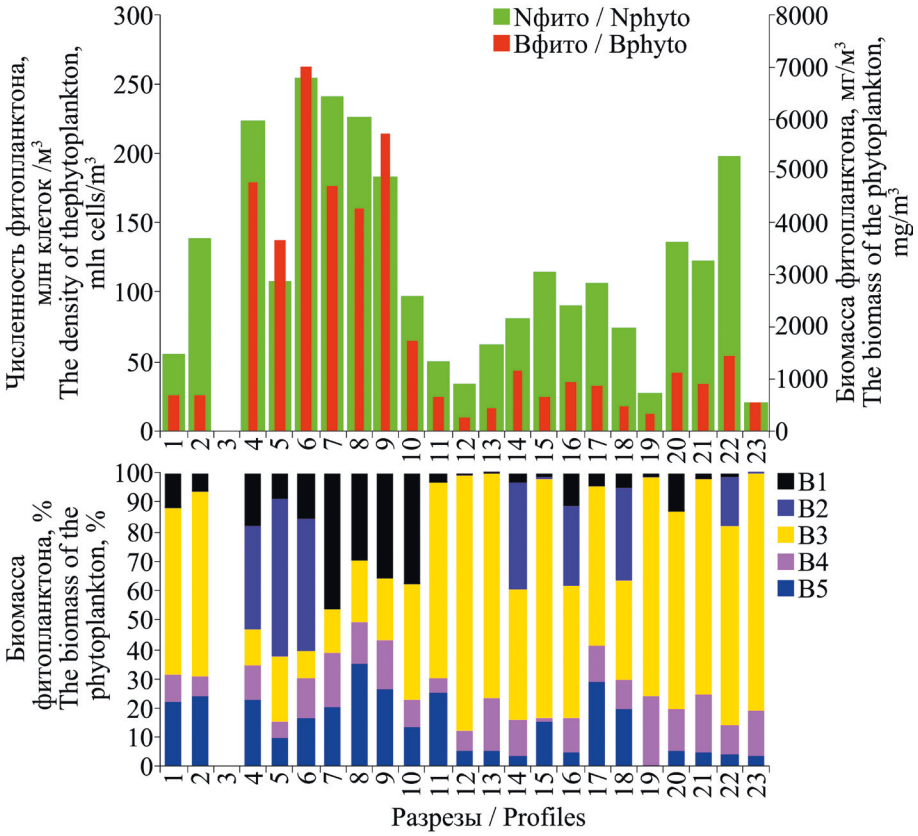


Рис. 4. Численность, биомасса и видовая структура фитопланктона на прибрежном полигоне у Западной Камчатки в начале июня 2018 г. (B1 — сумма бенто-планктонных диатомей; B2 — *Coscinodiscus*-complex; B3 — *Chaetoceros*-complez; B4 — *Thalassiosira*-complex; B5 — прочие планктонные диатомеи
Fig. 4. Abundance, biomass and species structure of phytoplankton in the coastal polygon near Western Kamchatka in early June of 2018 (B1 – the sum of benthic and planktonic diatoms; B2 – *Coscinodiscus*-complex; B3 – *Chaetoceros*-complex; B4 – *Thalassiosira*-complex; B5 – other planktonic diatoms)

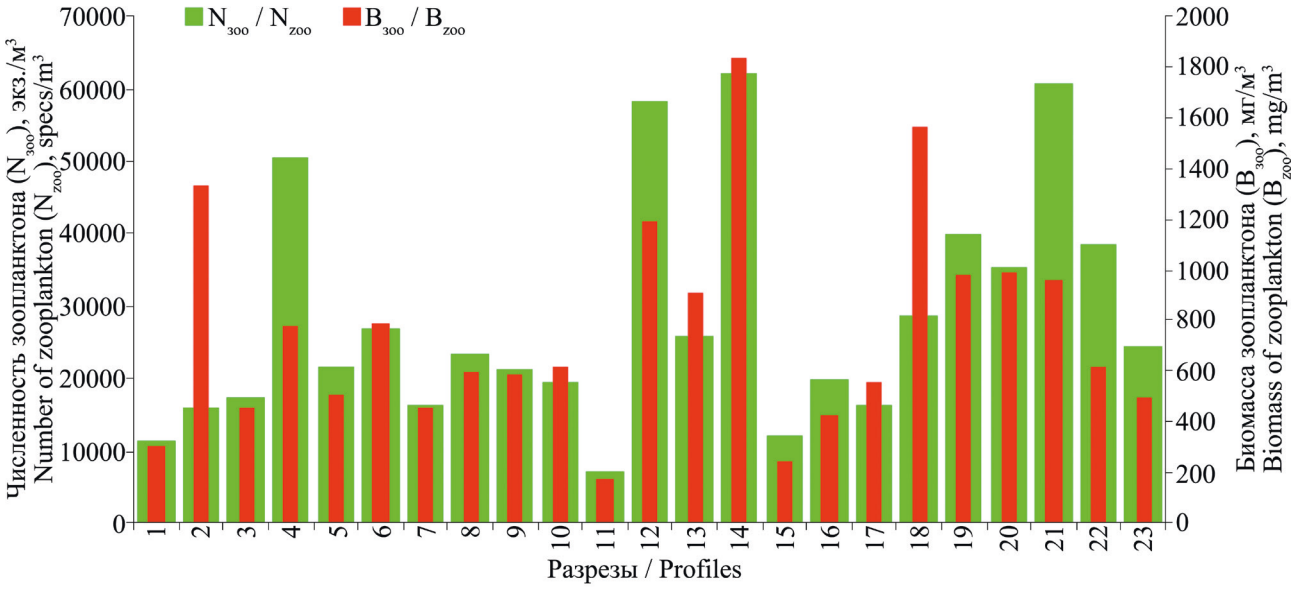


Рис. 5. Численность (N) и биомасса зоопланктона (B) на прибрежном полигоне у Западной Камчатки в начале июня 2018 г.
Fig. 5. Zooplankton number (N) and biomass (B) at the coastal polygon near West Kamchatka in early June of 2018

западнокамчатской горбуши, количественные показатели зоопланктона — одни из самых низких на полигоне. В большей степени продуктивные по фитопланктону и зоопланктону участки акватории совпадают в северной части, в типично морских водах (рис. 3, 4, 5), не подверженных столь сильному влиянию стока.

Известно, что длина молоди горбуши, скатившейся в морское прибрежье, не превышает 3,8 см (Бирман, 1969; Карпенко, Сафронов, 1985), а предельный размер потребляемых такой молодью пищевых частиц составляет 2–2,4 мм (Карпенко, Сафронов, 1985). В целом спектр питания сеголеток горбуши в июне в разных районах включает мелких циклопид, гарпактицид и каланид на всех стадиях жизненного цикла, икру и личинок рыб, яйца и некрупных особей *Parasaggita* sp. sp. Единично в пищевом комке сеголеток горбуши указанного размера могут встречаться следующие объекты: животные меропланктона (личинки полихет, двустворчатых и брюхоногих моллюсков), а также мелкие простейшие, личинки иглокожих и медузы (Карпенко, 1998). Такие редко встречаемые объекты мы не включаем в состав так называемого «кормового» зоопланктона.

«Кормовой» зоопланктон на обследованном полигоне формировали копеподы *Acartia longiremis*, *Neocalanus cristatus*, *N. plumchrus*, *Pseudocalanus minutus*, *P. gracilis*, *Centropages mcmurrichi*, *Metridia pacifica*, *Eurytemora herdmanni*, *Oithona similis*, *Triconia (= Oncea) borealis*, *Macrocheiron hirsutipes*, *Microsetella norvegica*, *Harpacticus uniremis*, *Ectinosoma* sp., науплиусы Cyclopoida и Calanoida, молодь мизид (*Xenacenthomysis pseudomacropsis*, Genus sp.), амфипод, эуфаузиид, кумовых раков (*Lamprops korroensis*, *L. sarsi*, *L. beringi*, *Diastylis alaskensis*), усоногих и десятиногих раков, а также личинки и икра рыб, мелкие (< 10 мм) сагитты. Размах колебаний значений биомассы «кормового» зоопланктона меньше по сравнению с величинами общей биомассы планктонных животных (рис. 6). Значительные различия в биомассах отмечены на тех станциях, где доминирующей составляющей зоопланктона были личинки полихет.

Расчет парных корреляций Спирмена выявил зависимость величины биомассы «кормового» зоопланктона от численности и биомассы голопланктона (табл. 1).

Сильная связь в паре «биомасса „кормового“ зоопланктона» – «биомасса голопланктона» указывает на то, что биомасса «кормового» для сего-

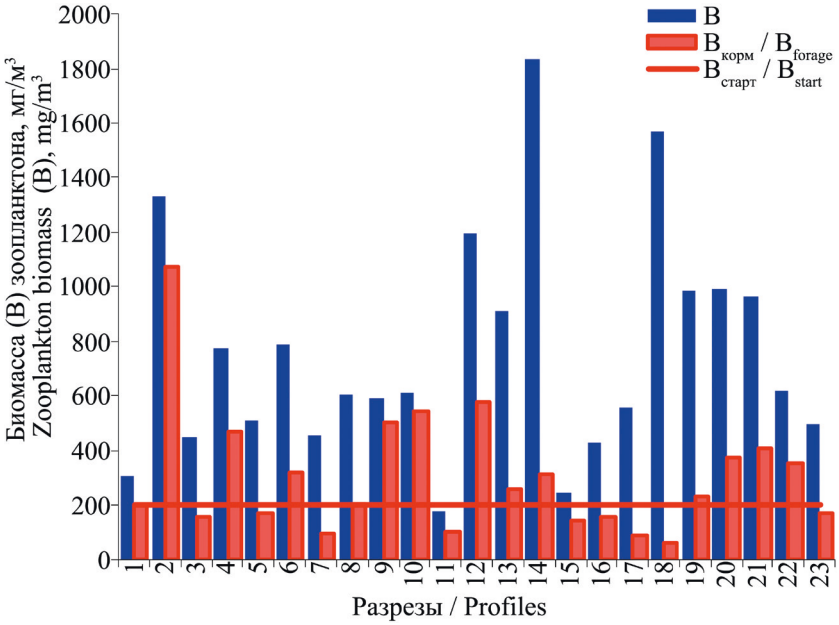


Рис. 6. Биомасса зоопланктона (B) и его «кормовой» составляющей (Вкорм) на прибрежном полигоне у Западной Камчатки в начале июня 2018 г.
Fig. 6. Biomass of zooplankton (B) and “forage” component (Вкорм) in the coastal polygon near Western Kamchatka in early June of 2018

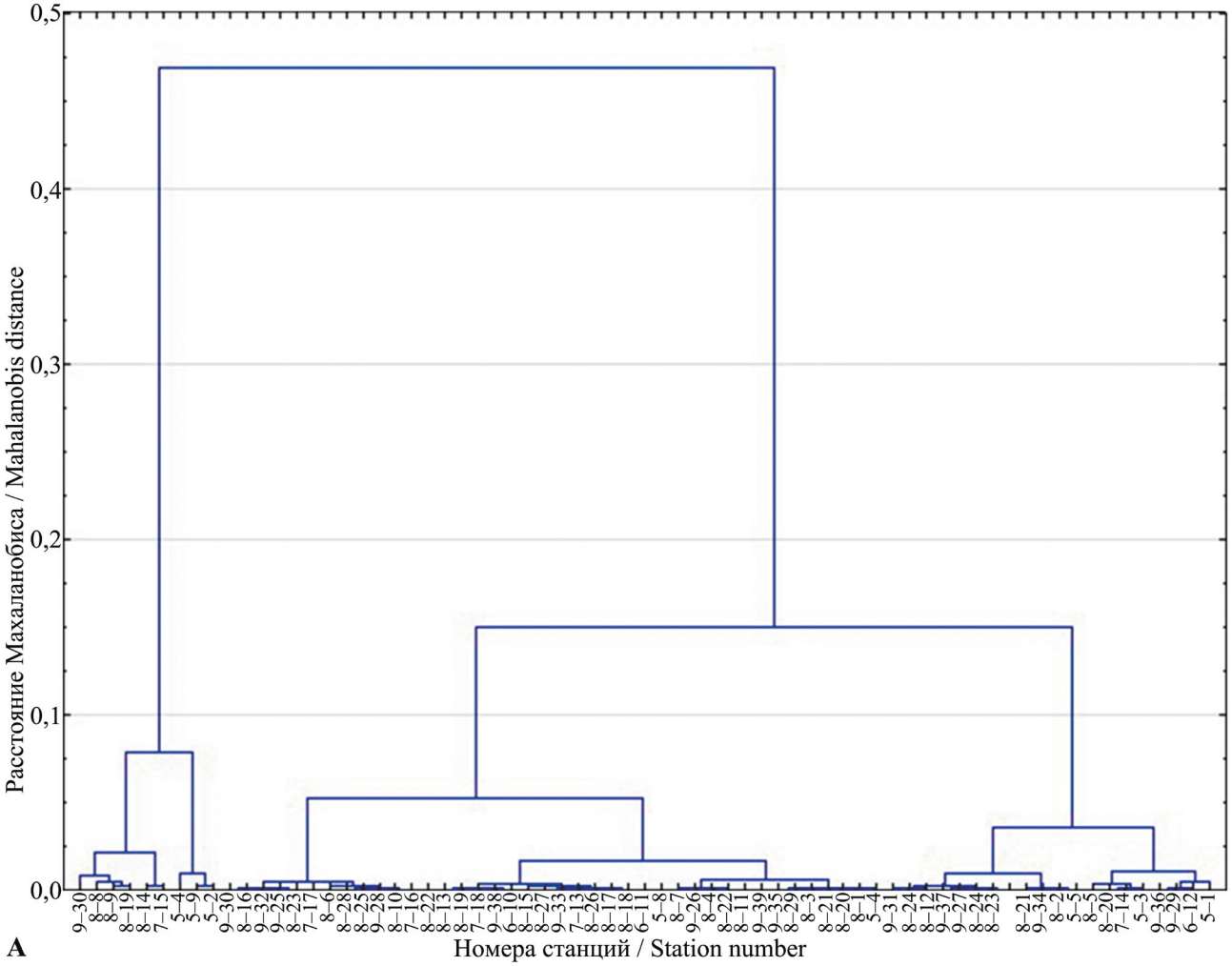
Табл. 1. Зависимость величины биомассы «кормового» зоопланктона от численности биомассы голопланктона у Западной Камчатки в начале июня 2018 г.
Table 1. The correlation between the value of the “forage” zooplankton biomass and the holoplankton number and biomass near Western Kamchatka in early June of 2018

Пары переменных / Pairs of variables	N	Spearman R	T(N-2)	P-level
«Кормовая» биомасса – численность голопланктона “Forage” biomass – holoplankton number	23	0,722332	4,78658	0,000099
«Кормовая» биомасса – биомасса голопланктона “Forage” biomass – holoplankton biomass	23	0,994071	41,89589	0,000000

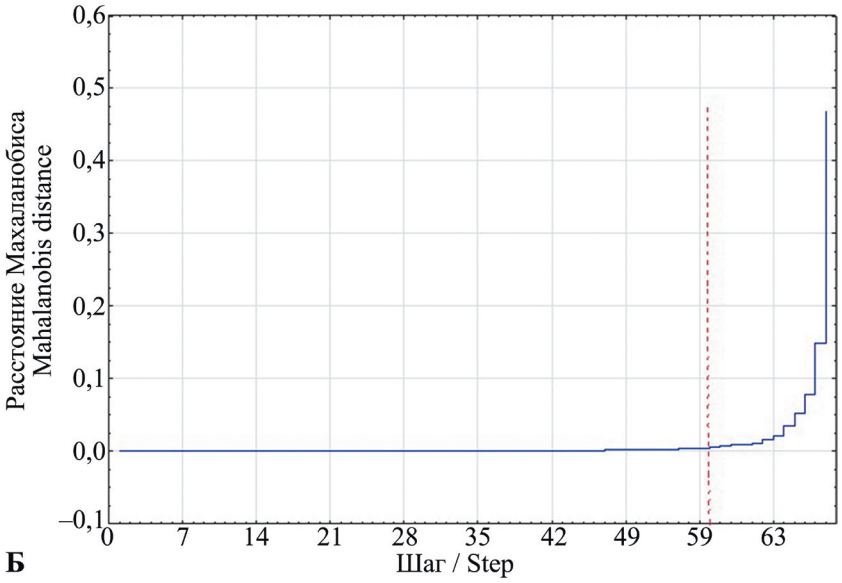
леток горбуши зоопланктона в начале июня 2018 г. определялась биомассой голопланктона. При этом представители меропланктона существенной роли в создании кормовой базы горбуши не играли.

Кластерный анализ стандартизованных данных выявил разделение выборки на три кластера (рис. 7А) – три группы станций, соответствующих участкам акватории с различными гидрологическими и гидробиологическими условиями.

Согласно графику процесса объединения (рис. 7Б) и анализа таблицы объединения (табл. 2) в качестве точки перелома можно рассматривать



А



Б

Рис. 7. Дендрограмма различия станций по 4 гидрологическим и 2 гидробиологическим параметрам (А) и график объединения объектов в классы (Б)

Fig. 7. Dendrogramm of difference of stations in 4 hydrological and 2 hydrobiological parameters (A) and the curve of combining objects into classes (Б)

шаг номер 66 (красный пунктир на рис. 7Б), таким образом, разделение генеральной совокупности данных на три группы правомерно и целесообразно.

Выявленные группы предварительно можно разделить на три типа: теплые низкопродуктивные (1), холодные высокопродуктивные (2) и умеренно-продуктивные (3).

Группа 1 отличается от групп 2 и 3 более высоким средним значением температуры воды, меньшей соленостью и более низким содержанием кислорода. При этом на станциях, вошедших в группу 1, выше мутность воды. Наиболее высокая биомасса «кормового» зоопланктона отмечена на станциях, сформировавших группу 2. Абиотические параметры среды в группах 2 и 3, за исключением температуры, не имеют существенных различий.

В результате дискриминантного анализа с пошаговым включением переменных была построена модель, в которую вошли 5 из 6 гидрологических и гидробиологических показателей: температура, соленость и мутность воды, содержание кислорода, концентрация хлорофилла-*a*, биомасса «кормового» зоопланктона. Согласно проведенному анализу, области высокой и низкой по зоопланктону продуктивности статистически достоверно отличаются по температуре воды, солености, концентрации хлорофилла-*a*, мутности (рис. 8, табл. 3). Выделенные дискриминирующие функции статистически достоверны (χ^2 для первой канонической переменной равен 52,3, $p < 0,001$; для второй канонической переменной — 9,3, $p < 0,05$), а первые канонические переменные объясняют 95,7% разнокачественности условий.

По комплексу рассмотренных параметров среды выделенные области не имеют кардинальных отличий (рис. 9): области каждой из групп существенно пересекаются на поле первых канонических корней, значение λ Уилкса составляет 0,44 ($p < 0,001$).

Значительное сходство групп, по-видимому, обусловлено общей гетерогенностью и динамичностью условий в районе исследований (морском прибрежье у Западной Камчатки).

Значения частной λ Уилкса показывает, что наибольшее значение в дискриминацию вносит переменная температура воды (0,75). Следующие по значению вклада — концентрация хлорофилла-*a* (0,810) и мутность воды (0,814). Переменная «кормовая» биомасса зоопланктона не была включена в анализ в связи с ее малой значимостью для дискриминации выделенных областей.

По комплексу гидрологических и гидробиологических характеристик выделенные участки имеют значительное сходство: в поле канонических корней их области пересекаются. При этом, как показано на рис. 9, участок 1 находится в области отрицательных значений по оси абсцисс, тогда как участки 2 и 3 смещены в область положительных значений. По оси ординат группа 1 занимает промежуточное положение между группами 2 и 3, расположенными в областях положительных и отрицательных значений соответственно.

Первая группа станций («теплых низкопродуктивных») расположена в районе стока крупнейшей на западном побережье реки Большой и смежных с ней рек, в которых воспроизводится значительная часть западно-камчатской горбуши (реки Утка – Кихчик). Сток рек приводит к распреснению воды и повышению ее температуры на относительно обширной акватории, что делает условия среды менее благоприятными для развития холодноводного морского зоопланктона, который составляет основу питания молоди лососевых в ранний морской период жизни. На данном участке (группа станций 1) среднее значение биомассы зоопланктона составляет 39,42 мг/м^3 (табл. 1), что существенно меньше стартовой (см. пояснения ниже по тексту) для начала нагула величины. Высокая концентрация взвешенных частиц, на наличие которых указывает повышенное значение мутности (табл. 2) в районе влияния стока реки, губительна для планктона (Константинов, 1986; Куликова, 2010). Повышенная концентрация хлорофилла-*a* по сравнению с другими группами станций может являться отражением менее интенсивного выедания фитопланктона зоопланктонными организмами.

Табл. 2. Средние значения параметров, характеризующих выделенные группы станций
Table 2. Mean values of the parameters characterizing outlined groups of stations

Группа Group	t,°C	Соленость Salinity, psu	Chl-*a*, ug/l	Мутность Turb-M, FTU	DO, %	$B_{корм}$, мг/м^3 B_{forage}, mg/m^3
1	3,95	30,49	3,22	4,52	105,48	39,42
2	3,81	31,18	2,87	2,62	107,00	440,32
3	3,61	31,18	2,48	2,50	107,13	118,61

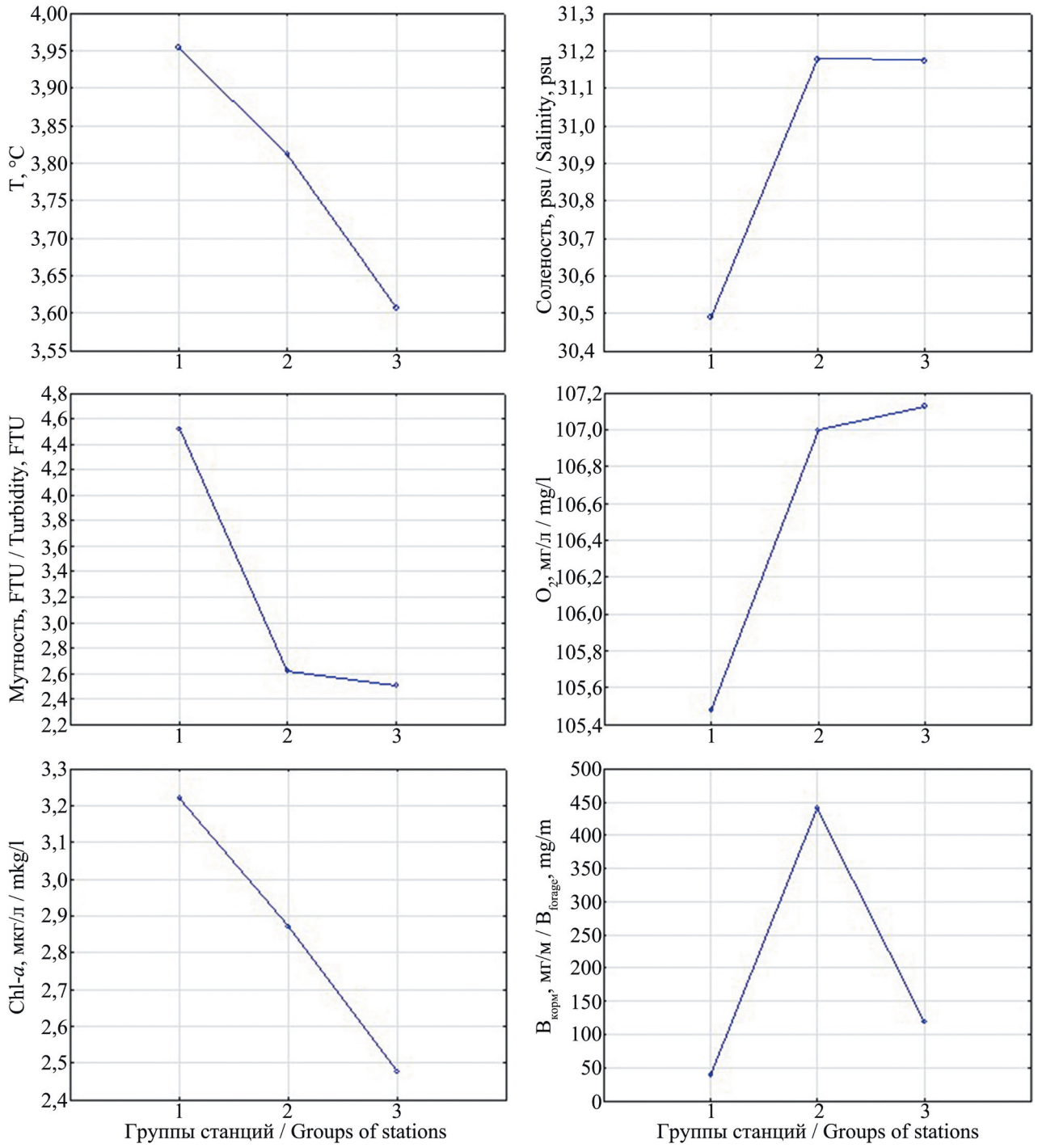


Рис. 8. Средние значения факторов, отражающих условия среды для групп станций. А — температура воды, Б — соленость, В — концентрация хлорофилла-*a*, Г — мутность воды, Д — содержание кислорода, Е — биомасса «кормового» зоопланктона
Fig. 8. Mean values of the factors reflecting environmental conditions for the groups of stations. A – water temperature, Б – salinity, B – chlorophyll-*a* concentration, Г – water turbidity, Д – dissolved oxygene, E – "forage" zooplankton biomass

Табл. 3. Вторичная матрица дискриминантного анализа областей высокой и низкой биомассы «кормового» зоопланктона у Западной Камчатки
Table 3. The secondary matrix of the discriminant analysis of the parts of a high or low biomass of the "forage" zooplankton near Western Kamchatka

Область / Part	1	2	3
1	–	11,01*	10,18*
2	7,98	–	1,96
3	8,73	0,78	–

Примечание: Левый нижний угол — квадраты расстояний Махаланобиса, правый верхний угол — F-значения (*достоверны при $p < 0,001$).
Note: The lower left corner – squared Mahalanobis distances, the upper right corner – F-values (*authentic at $p < 0.001$).

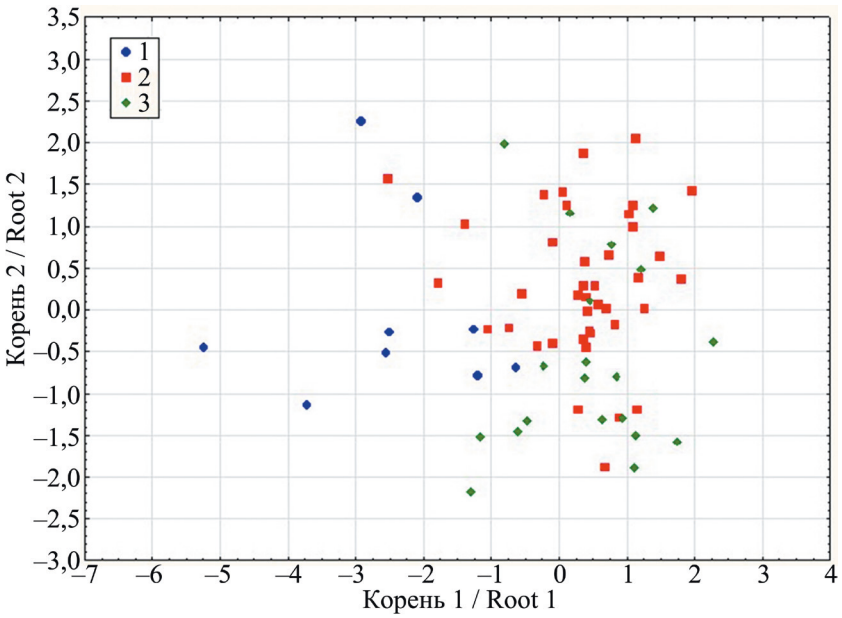


Рис. 9. Расположение групп станций с различными качественными характеристиками условий среды в поле канонических корней
Fig. 9. Distribution of the groups of stations with different qualitative characteristics of the environment in the field of canonic roots

В целом для полигона высокая вариабельность в распределении «кормового» зоопланктона обусловлена как влиянием абиотических факторов среды, так и его качественным составом на отдельных станциях. Биомасса не достигала высоких значений в случаях, если планктонное сообщество было сформировано мелкими, но многочисленными объектами.

Средняя для полигона биомасса зоопланктона составила 836 мг/м^3, а «кормового» зоопланктона — 313 мг/м^3. По мнению В.И. Карпенко (1998), если в Карагинском заливе величина биомассы мезопланктона, в котором до 80% составляют копеподы, в июне достигает 200 мг/м^3, то условия нагула и выживания молоди горбуши можно считать благоприятными как в текущем, так и в последующие месяцы. Принимая эту величину в качестве ориентировочной (т. н. стартовая биомасса, Встарт), можно предположить, что в начале июня 2018 г. в целом на полигоне сложились благоприятные трофические условия для нагула молоди горбуши на начальном этапе морской жизни.

Однако согласно полученным результатам о неравномерности распределения биомассы «кормового» зоопланктона, а также об абиотических условиях среды на обследованном полигоне у побережья Западной Камчатки, благоприятные для нагула молоди горбуши в ранний период жизни в море условия формируются лишь на отдельных участках акватории, не подверженных влиянию стока крупных рек (группы станций 2 и 3).

Общая величина запаса «кормового» зоопланктона на период проведения исследований, согласно расчетам, составляет 1700 т. Но полное отсутствие данных о потреблении его различными гидробионтами, включая молодь лососевых, не позволяют использовать эту величину в качестве оценочной. Кроме того, полностью отсутствуют данные о распределении и миграциях молоди горбуши после выхода из рек в море. В единственной известной нам работе (Карпенко, Сафронов, 1985) представлены данные о начальном этапе перехода молоди в морскую среду после ската из р. Утки (молодь поймана в период, когда происходил скат из реки), но нет сведений о ее количестве.

Таким образом, первоочередной задачей в ближайшем будущем является поиск путей/методов количественной оценки потребителей зоопланктона в прибрежных западнокамчатских водах в период ската молоди горбуши. Для этого, с одной стороны, потребуется разработка новых контрольных орудий лова для учета скатившейся в прибрежье молоди и сбора биологического материала от покатников горбуши (а также других рыб) на выделенном полигоне. С другой — приобретение/аренда соответствующего судна, которое будет в состоянии осуществить работы в сложнейших условиях прибрежья Западной Камчатки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Гидрологическая съемка, проведенная в начале июня 2018 г. у западного побережья Камчатки на полигоне с глубинами менее 20 м, показала, что абиотические условия — содержание кислорода и температура воды — находились в пределах оптимальных значений для молоди горбуши, скатывающейся из рек.

Анализ результатов обработки планктонных проб выявил три района повышенной продуктивности, согласно распределению биомассы фитопланктона, южный из которых формируется на участке влияния стока р. Большой, а два более северных — в пределах холодных морских акваторий. При этом высокая биомасса фитопланктона, маркером которой является концентрация хлорофилла-*a*, не отражает истинных трофических условий в возможных районах раннего морского нагула молоди горбуши. Биомасса «кормового» зоопланктона наиболее низка в зоне влияния стока крупных рек в силу негативного влияния выносимых взвешенных частиц на объекты зоопланктона.

Средняя для полигона биомасса «кормового» зоопланктона 313 мг/м^3 характеризует трофические условия в районе возможного раннего морского нагула молоди горбуши как благоприятные, но распределение «кормового» зоопланктона вдоль западного побережья Камчатки неравномерно. На большей части обследованного полигона биомасса «кормового» зоопланктона ниже стартовой для начала нагула величины 200 мг/м^3. Участки высокой продуктивности, где биомасса «кормового» зоопланктона близка к стартовой либо превышает ее, сосредоточены на холодных акваториях вне влияния стока крупных рек (севернее р. Большой и мористее). Таким образом, именно эти ограниченные акватории могут являться районами, где трофические условия благоприятны и возможен эффективный нагул молоди горбуши в ранний морской период жизни. Однако пока не известно, насколько устойчивы эти акватории в условиях динамики вод у Западной Камчатки.

Оценка трофических условий нагула по общей величине запаса «кормового» зоопланктона не целесообразна из-за отсутствия данных о количестве молоди горбуши и иных потребителей в прибрежье.

Наряду с гидролого-гидробиологическим мониторингом необходимо искать методы и подходы для оценки количественных и качественных характеристик молоди западнокамчатской горбуши в период раннего морского нагула, а также для оценки численности других потребителей зоопланктона, ее возможных пищевых конкурентов.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы благодарят председателя Ассоциации рыбопромышленников Усть-Большерецкого района «Река Большая» Э.Р. Шайхова, генерального директора ООО «Западный берег» А.В. Гордиенко и генерального директора ООО «РК» «Крутогоровское» А.В. Титова за помощь в организации и проведении работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Бирман И.Б. 1967. О межвидовых взаимоотношениях тихоокеанских лососей в море // Изв. ТИНРО. Т. 57. С. 3–24.

Бирман И.Б. 1969. О распределении и росте молоди тихоокеанских лососей рода *Oncorhynchus* в море // Вопр. ихтиологии. Т. 9. Вып. 5 (58). С. 859–877.

Бродский К.А. 1950. Веслоногие рачки Calanoida дальневосточных морей СССР и Полярного бассейна. М.-Л.: АН СССР. 442 с.

Гриценко О.Ф. 2002. Проходные рыбы острова Сахалин (систематика, экология, промысел). М.: ВНИРО. 248 с.

Диатомовые водоросли России и сопредельных стран: ископаемые и современные. 2002. Т. 2, вып. 3. Под ред. И.В. Макаровой. СПб.: Изд-во С.-Петерб. ун-та. 112 с.

Диатомовые водоросли России и сопредельных стран: ископаемые и современные. 2006. Т. 2, вып. 4. Под ред. Н.И. Стрельниковой. СПб.: Изд-во С.-Петерб. ун-та. 180 с.

Инструкция по сбору и обработке планктона. 1971. М.: ВНИРО. 82 с.

Карпенко В.И. 1998. Ранний морской период жизни тихоокеанских лососей. М.: ВНИРО. 165 с.

Карпенко В.И., Андриевская Л.Д., Коваль М.В. 2013. Питание и особенности роста тихоокеанских лососей в морских водах. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. 304 с.

Карпенко В.И., Сафронов С.Г. 1985. О молоди горбуши *Oncorhynchus gorbusha* (Walb.) (Salmonidae) из прибрежных вод Охотского моря // Вопр. ихтиологии. Т. 25. Вып. 3. С. 515–517.

Коновалова Г.В. 1998. Динофлагелляты (Dinophyta) дальневосточных морей России и сопредельных акваторий Тихого океана. Владивосток: Дальнаука. 300 с.

Коновалова Г.В., Орлова Т.Ю., Паутова Л.А. 1989. Атлас фитопланктона Японского моря. Л.: Наука. 160 с.

Константинов А.С. 1986. Общая гидробиология. М.: Высшая школа. 472 с.

Краткий определитель фауны и флоры северных морей СССР. 1937. Под ред. Н.С. Гаевской. М.-Л.: Пищепромиздат. 368 с.

Краткое руководство по определению планктона северо-западной части Тихого океана. 1990. Сост. В.И. Чучукало, М.С. Кун. Владивосток: ТИНРО. 77 с.
Куликова Т.П. 2010. Зоопланктон водных объектов Белого моря. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН. 325 с.
Лубны-Герцык Е.А. 1953. Весовая характеристика основных представителей зоопланктона Охотского и Берингова морей // Доклады АН СССР. Т. 91. № 4. С. 949–952.
Определитель фауны и флоры северных морей СССР. 1948. Ред. Н.С. Гаевской. М.: Советская наука. 740 с.
Руководство по определению фитопланктона Охотского моря. 1990. Владивосток: ТИНРО. 46 с.
Шунтов В.П., Темных О.С. 2017. Дальневосточная лососевая путина – 2017 через призму политики и соответствия теории и практике // Бюллетень изучения тихоокеанских лососей на Дальнем Востоке. Т. 12. Владивосток: ТИНРО-Центр. С. 3–14.
Identifying of marine phytoplankton / Ed. C.R. Tomas. USA. Academic Press, 1997. 858.
Round F.E., Crawford R.M., Mann D.G. 1990. The Diatoms. Cambridge University Press. 747 p.

REFERENCES

Birman I.B. About interspecific interactions between Pacific salmon species at sea. *Izvestiya TINRO*, 1967, vol. 57, pp. 3–24. (In Russian)
Birman I.B. On distribution and growth of the young of *Oncorhynchus* in the Sea. *Problems of ichthyology*, 1969, vol. 9, no. 5 (58), pp. 859–877. (In Russian)
Brodsky K.A. *Veslonogie rachki Calanoida dal'nevostochnyh morej SSSR i polyarnogo bassejna* [The copepods *Calanoida* of the Far Eastern seas of the USSR and of the Arctic basin]. Moscow–Leningrad: AN SSSR, 1950, 442 p.
Gritsenko O.F. *Prohodnye ryby ostrova Sahalin (sistematika, ekologiya, promysel)* [The anadromous fish of the Sakhalin Island (taxonomy, ecology, fishery)]. Moscow: VNIRO, 2002, 248 p.
The diatom algae of Russia and of the neighboring countries: fossil and modern. St. Petersburg: St. Petersburg University, 2002, vol. II (3), 112 p.
The diatom algae of Russia and of the neighboring countries: fossil and modern. St. Petersburg: St. Petersburg University, 2006, vol. II (4), 180 p.
Instrukciya po sboru i obrabotke planktona [Handbook on phytoplankton sampling and processing]. Moscow: VNIRO, 1971, 82 p.
Karpenko V.I. *Rannij morskoj period zhizni tihookeanskih lososej* [The early marine period of life of Pacific salmon]. Moscow: VNIRO, 1998, 165 c.
Karpenko V.I., Andrievskaya L.D., Koval M.V. *Pitanie i osobennosti rosta tihookeanskih lososej v morskih vodah* [The feeding and the features of the growth of Pacific salmon in the sea waters]. Petropavlovsk-Kamchatsky: KamchatNIRO, 2013, 304 p.
Karpenko V.I., Safronov S.G. About juvenile pink salmon *Oncorhynchus gorbusha* (Walb.) (Salmonidae) in the coastal waters of the Sea of Okhotsk. *Journal of Ichthyology*, 1985, vol. 25, no. 3, pp. 515–517.
Konovalova G.V. *Dinoflagellyaty (Dinophyta) dal'nevostochnyh morej Rossii i sopredel'nyh akvatorij Tihogo okeana* [Dinoflagellates (Dinophyta) of the Far Eastern seas of Russia and of adjacent waters of the Pacific Ocean]. Vladivostok: Dalnauka, 1998, 300 p.
Konovalova G.V., Orlova T.Yu, Pautova L.A. *Atlas phytoplanktona Yaponskogo morya* [Atlas of phytoplankton of the Sea of Japan]. Leningrad: Nauka, 1989, 160 p.
Konstantinov A.S. *Obshchaya gidrobiologiya* [General hydrobiology]. Moscow, 1986. 472 p.
Kratkij opredelitel' fauny i flory severnyh morej SSSR [A brief guide to the fauna and flora of the northern seas of the USSR]. Gaevskaya N.S. Moscow–Leningrad: Pischepromisdat, 1937, 368 p.
Kratkoe rukovodstvo po opredeleniyu planktona severo-zapadnoj chasti Tihogo okeana [A brief guide to the plankton of the north-western part of the Pacific Ocean]. Chuchukalo V.I., Kun M.S. Vladivostok: TINRO, 1990, 77 p.
Kulikova T.P. *Zooplankton vodnyh ob"ektov Belogo morya* [Zooplankton of the waters of the White Sea]. Petrozavodsk, 2010, 325 p.
Lubnyi-Gercyik E.A. The weight characteristics of the major representatives of zooplankton of the Sea of Okhotsk and of the Bering Sea. *Reports AS USSR*, 1953, vol. 91, no. 4, pp. 949–952. (In Russian)
Rukovodstvo po opredeleniyu fitoplanktona ohotskogo morya [Taxonomic guidelines for the phytoplankton of the Sea of Okhotsk]. Vladivostok: TINRO, 1990, 46 p.
Shuntov V.P., Temnykh O.S. The Far Eastern salmon fishery campaign – 2017 through the prism of politics and conformity of theory and practice. *Bulletin of the researches of Pacific salmon in the Far East*, 2017, № 12, pp. 3–14. (In Russian)

Статья поступила в редакцию: 17.04.2019
Статья принята после рецензии: 16.05.2019